

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-293391

(43)Date of publication of application : 26.10.1999

---

(51)Int.Cl. C22C 38/00  
B22D 7/00  
B22D 11/00  
C22C 38/04  
C22C 38/60

---

(21)Application number : 10-101046

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 13.04.1998

(72)Inventor : HASEGAWA TOYOFUMI  
SOMEKAWA MASAMI

---

**(54) LOW CARBON FREE CUTTING STEEL EXCELLENT IN CHIP TREATABILITY, AND ITS PRODUCTION**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To produce a low carbon free cutting steel obtained by a continuous casting process but having excellent machinability equal to or higher than that of a free cutting steel produced by an ingoting process, more particularly chip treatability, and also to provide a method for the production of such a low carbon free cutting steel.

**SOLUTION:** This steel is obtained by a continuous casting process and contains, by mass, 0.2-2% Mn and 0.05-0.4% S. In this steel, the average size of sulfide inclusions is  $\leq 50 \mu\text{m}$  and the sulfide inclusions exist by  $\geq 750$  pieces/mm<sup>2</sup>. Further, the low carbon free cutting steel mentioned above can be produced by performing operation while regulating cooling rate at the time of casting to (25 to 50)° C/min.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-293391

(43) 公開日 平成11年(1999)10月26日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 M
B 2 2 D 7/00		B 2 2 D 7/00	H
11/00		11/00	B
C 2 2 C 38/04		C 2 2 C 38/04	
38/60		38/60	
審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)			
(21) 出願番号	特願平10-101046	(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号
(22) 出願日	平成10年(1998)4月13日	(72) 発明者	長谷川 豊文 神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内
		(72) 発明者	染川 雅実 神戸市灘区灘浜東町2番地 株式会社神戸製鋼所神戸製鉄所内
		(74) 代理人	弁理士 小谷 悦司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 切屑処理性に優れた低炭素快削鋼およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 連続鋳造法によって得られるものでありながら、造塊法によって製造される快削鋼と同程度以上の優れた被削性、特に切屑処理性を有する低炭素快削鋼、およびその様な低炭素快削鋼を製造する為の方法を提供する。

【解決手段】 連続鋳造法によって得られたものであり、Mn:0.2~2%およびS:0.05~0.4%を夫々含有すると共に、硫化物系介在物の平均サイズが $50\mu\text{m}^2$ 以下であり、且つ該硫化物系介在物が $1\text{mm}^2$ 当たり750個以上存在する。また鋳造時の冷却速度を $25\sim50^\circ\text{C}/\text{分}$ として操作することによって、上記の様な低炭素快削鋼を製造する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 連続鋳造法によって得られたものであり、Mn：0.2～2%（質量%の意味、以下同じ）および S：0.05～0.4% を夫々含有すると共に、硫化物系介在物の平均サイズが  $50\mu\text{m}^2$  以下であり、且つ該硫化物系介在物が  $1\text{mm}^2$  当たり 750 個以上存在するものであることを特徴とする切屑処理性に優れた低炭素快削鋼。

【請求項 2】 Pb：0.37% 以下を含有するものである請求項 1 に記載の低炭素快削鋼。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の低炭素快削鋼を製造するに当たり、鋳造時の冷却速度を  $25\sim 50^\circ\text{C}/\text{分}$  として操業することを特徴とする切屑処理性に優れた低炭素快削鋼の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、低炭素快削鋼とその製造方法に関するものであり、殊に連続鋳造法によって得られるものでありながら、造塊法によって製造される快削鋼と同程度以上の優れた被削性特に切屑処理性を有する低炭素快削鋼、およびその様な快削鋼を製造する為の有用な方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、12XX 系快削鋼や 12LX 系快削鋼は、連続鋳造法や造塊法によって製造されている。そしてこれまでの快削鋼においても、優れた被削性とりわけ良好な仕上げ面荒さを有している。しかしながら、近年における切削ラインの更なる自動化に伴い、被削性の評価項目の 1 つである切屑処理性がこれまで以上に重視されるようになっており、従来の快削鋼ではこうした要望に対応することは困難であった。また従来の連続鋳造法や造塊法では、更なる大量生産には不適當であった。

【0003】 被削性を改善するという観点から、これまでも種々の連続鋳造法による快削鋼が提案されている。例えば特開平 8-949 号公報には、連続鋳造法による硫黄系快削鋼が提案されている。この技術では、硫化物系介在物の平均サイズを  $50\mu\text{m}^2$  以下にすることで、被削性特に仕上げ面粗さが造塊材並みに改善されることが開示されている。また特開昭 59-205453 号公報や同 59-205454 号公報には、仕上げ面粗さの改善を目的として、連続鋳造による S-(Te+Pb+Bi) 系快削鋼が提案されている。

【0004】 しかしながら技術はいずれも、被削性のうちの仕上げ面粗さの向上を目的とするものであり、切屑処理性を積極的に改善するものではない。また切屑処理性を改善する手段としては、Pb や Bi 等の低融点介在物を鋼中に生成させることも試みられたが、各元素の固溶限による制約から、その改善効果には限界があった。

## 【0005】

10

【発明が解決しようとする課題】 ところで、連続鋳造法は造塊法に比べて凝固速度が早く、連続鋳造材では鋼中の硫化物系介在物が小さくなり、その為に切削中に工具面に構成刃先が凝着し易くなり、仕上げ面粗さを劣化させると言われている。この点に関して、前記特開平 8-949 号公報には、硫化物系介在物の平均サイズを  $50\mu\text{m}^2$  以下にすることで仕上げ面粗さが造塊材並みに改善されることが示されている。しかしながら、この技術においても、切屑処理性に関しては造塊材並みに改善されるには至っていない。

【0006】 本発明は上記の様な事情に着目してなされたものであって、その目的は、連続鋳造法によって得られるものでありながら、造塊法によって製造された快削鋼と同程度以上の優れた被削性、特に切屑処理性を有する低炭素快削鋼を提供するものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決することのできた本発明に係る低炭素快削鋼は、連続鋳造法によって得られたものであり、Mn：0.2～2% および S：0.05～0.4% を夫々含有すると共に、硫化物系介在物の平均サイズが  $50\mu\text{m}^2$  以下であり、且つ該硫化物系介在物が  $1\text{mm}^2$  当たり 750 個以上存在する点に要旨を有するものである。

【0008】 上記本発明の低炭素快削鋼においては、Pb：0.37% 以下を含有させることも有効であり、これによって低炭素快削鋼の被削性を更に改質することができる。

【0009】 また上記の様な低炭素快削鋼を製造するに当たっては、鋳造時の冷却速度を  $25\sim 50^\circ\text{C}/\text{分}$  として操業すれば良い。

## 【0010】

【発明の実施の形態】 従来の快削鋼が切屑処理性が劣る理由を解明するべく、本発明者らは様々な角度から検討した。その結果、下記の様な知見が得られた。

【0011】 まず切屑処理性の改善は、鋼中に存在する硫化物系介在物や Pb 粒が切削時に亀裂発生の起点となって切屑を分断させることが分かっている。そして切屑処理性を更に改善する為には、鋼中により多くの亀裂発生起点を生成させることが有効な手段になると考えられる。具体的には、凝固速度を更に速くし、亀裂発生起点となる硫化物系介在物を数多析出させることである。

【0012】 この点に関し、従来の連続鋳造法の一般的な操業条件では、硫化物系介在物の析出個数は限界があり、介在物が小さくなった分だけ切屑処理性を低減させる結果になっていた。尚介在物個数を増やすには、S を多量添加することも考えられるが、こうした手段を採用した場合には、機械的異方性を更に高めることになり、採用することは困難であった。

【0013】 そこで本発明者らは、従来の連続鋳造法によった場合の知見として、介在物が小さくなるという被

削性に対するマイナス効果を認識しつつ、介在物が切削時の亀裂発生起点となることに着目し、介在物の数を増加させることによって切屑処理性、仕上げ面粗さが改善される可能性について検討した。その結果、快削鋼中における介在物の形状および分散状態を適切にすることによって、仕上げ面粗さを良好な状態で維持しつつ、切屑処理性を改善できることを見出した。具体的には、凝固速度（冷却速度）を速くすれば介在物は小さくすると共にその数が増えるが、硫化物系介在物の平均サイズが $50\mu\text{m}^2$ 以下で、且つその個数を $1\text{mm}^2$ 当たり750個以上とすることによって、特に切屑処理性の向上が達成されることを見出し、本発明を完成した。

【0014】本発明の快削鋼は、MnとSを基本的な成分とし、必要によってPbを含有するものであるが、これらの限定理由は下記の通りである。

【0015】Mn: 0.2~2%

Mnは硫化物系介在物を生成させる為に必要な元素であり、その含有量が0.2%未満ではその効果を発揮させることができず、また脱酸不十分により表面疵が多くなる。しかしながら、Mnの含有量が2%を超えると、硬度が高くなり過ぎて工具寿命を低下させることになる。尚Mn含有量の好ましい下限は0.3%であり、好ましい上限は1.65%である。

【0016】S: 0.05~0.4%

SはMnと結合してMnSとなり、被削性を向上させるのに必要な元素である。こうした効果を有効に発揮させる為には、0.05%以上含有させる必要がある。一方、Sの含有量が多くなると被削性向上効果は増大するが、過剰に含有させると、機械的性質特に横目（圧延方向に直角な方向）の延性・靱性の劣化が大きくなるので、0.4%以下にする必要がある。尚S含有量の好ましい下限は0.15%であり、好ましい上限は0.35%である。

【0017】Pb: 0.37%以下

Pbは被削性の更なる向上を達成する為に添加され、添加量に応じてその効果が増大するが、0.37%を超えて含有させても、偏析度が大きくなり、巨大なPb粒を生成させ、品質の低下を生じることになる。尚S含有量の好ましい下限は0.02%（より好ましくは0.05%）であり、好ましい上限は0.35%である。

【0018】本発明で析出させる硫化物系介在物の大きさおよび個数は、下記の様に規定する必要があるが、これらの限定理由は下記の通りである。

【0019】硫化物系介在物の平均サイズ:  $50\mu\text{m}^2$ 以下

硫化物系介在物の平均サイズは、大きいほど被削性向上効果は増大するが、一定のS含有量のもとでは、硫化物系介在物の数は少なくなり却って切屑処理性の低下を招くことになる。また硫化物系介在物を大きく且つ数を増やそうとする場合にはS含有量の増加が必要となるが、

そうすると同時に機械的性質が劣化することになる。そこで、切屑処理性の改善を図る為の硫化物系介在物の数を確保する為には、硫化物系介在物の平均サイズは $50\mu\text{m}^2$ 以下とする必要がある。但し、硫化物系介在物の平均サイズが小さくなり過ぎると亀裂発生後のクラックの連結が不十分となり、切屑処理性を却って低下させることになりかねないので、こうした観点から硫化物系介在物の平均サイズは $10\mu\text{m}^2$ 以上であることが好ましい。尚本発明における「硫化物系介在物」とは、MnSは勿論のこと、酸化物や快削性元素を複合したMnS系複合介在物をも含む意味である。

【0020】 $1\text{mm}^2$ 当たりの硫化物系介在物の個数: 750個以上

切屑処理性を改善する為には、亀裂発生起点となる硫化物系介在物の個数は、 $1\text{mm}^2$ 当たりで750個以上存在させる必要がある。この数が750個未満となると、亀裂発生後クラックが連結し、切屑を分断させるには不十分であり、優れた切屑処理性を確保することが困難になる。この硫化物系介在物の個数の上限については特に限定するものではないが、機械的性質の異方性や冷間鍛造性を考慮すると1000個程度が適切である。

【0021】尚硫化物系介在物の形状および分散状態を上記の様に満足する快削鋼を製造するには、所定量のMnおよびSを含有する鋼材に対して、 casting時の冷却速度を $25\sim 50^\circ\text{C}/\text{分}$ として操作する必要がある。即ち、硫化物系介在物の大きさは casting時の冷却速度に大きく左右されるが、冷却速度が $25^\circ\text{C}/\text{分}$ 未満では該介在物が大きく成長してその個数が減少してしまい、良好な切屑処理性を確保することができなくなる。一方、冷却速度が $50^\circ\text{C}/\text{分}$ を超えて急冷されると、硫化物系介在物のサイズが小さくなり過ぎることによって、上述した様に亀裂発生後のクラックの連結が不十分となり、切屑処理性を却って低下させることになる。また連続 casting法における冷却速度を $25\sim 50^\circ\text{C}/\text{分}$ とする為の具体的な構成としては、 casting型断面の大きさ、 casting温度、 casting速度等を適正とすれば良い。またこうした方法は、快削鋼を効率よく製造することができ、更なる大量生産に十分に対応できるものである。

【0022】ところで本発明の快削鋼は低炭素鋼を想定したものであるが、この鋼材におけるC含有量の好ましい範囲は、下記の通りである。

【0023】C: 0.05~0.15%

Cは最終機能としての強度を確保する為に必要な元素であり、所望の強度を確保する為には0.05%含有させることが好ましい。しかしながら、C含有量が過剰になると、被削材の硬度を上昇させて工具寿命の低下を招くことになるので、0.15%以下にすることが好ましい。C含有量のより好ましい下限は0.07%であり、より好ましい上限は0.13%である。

【0024】本発明の快削鋼は、上記の様な低炭素鋼に

所定量のMnおよびSを含有させ、残部が基本的に不  
 避不純物からなるものであるが、必要によってSi、  
 P、N等を含有させることも有用である。これらの元素  
 を含有させるときの成分範囲限定理由は、下記の通りで  
 ある。

【0025】Si：0.01%以下（0%を含まない）

Siは一般に脱酸元素として添加されるものであるが、  
 鋼材の内部品質向上にも有効に作用する。しかしなが  
 ら、Siは硫化物系介在物の形状に含大きく影響を及ぼ  
 すので、その形状を紡錘型にすることによって被削性改  
 善を図ることを目的にその含有量はできるだけ低減する  
 ことが必要であり、こうした観点からその上限は0.0  
 1%であることが好ましい。こうした利害得失を考慮し  
 たSのより好ましい範囲は、0.001~0.008%  
 程度である。

【0026】P：0.02~0.15%

Pは柔らかいフェライト中に固溶して脆化させること  
 で、切削時における構成刃先の生成を抑制する効果を発  
 揮するのに有効な元素である。こうした効果を発揮させ  
 る為には、0.02%以上含有させるのが良い。こうした  
 効果はPの含有量が多くなるほど大きくなるが、過剰  
 に含有させると硬度の上昇による工具寿命の低下や機械  
 的性質の低下を招くので、0.15%以下にすることが  
 好ましい。尚P含有量のより好ましい下限は0.030  
 %であり、より好ましい上限は0.100%である。

【0027】N：0.003~0.01%

NもPと同様にフェライト強化元素であり、被削性に対  
 して同様の効果を有する。こうした効果を発揮させる為\*

\*には、0.003%以上含有させるのが良い。しかしな  
 がら、過剰に含有させると表面疵が多くなるので、0.  
 01%以下にすることが好ましい。尚N含有量のより好  
 ましい下限は0.0035%であり、より好ましい上限  
 は0.008%である。

【0028】次に、実施例を挙げて本発明の構成および  
 作用効果をより具体的に説明するが、本発明はもとより  
 下記実施例によって制限を受けるものではなく、前・後  
 記の趣旨に適合し得る範囲で変更を加えて実施すること  
 も勿論可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範  
 囲に含まれるものである。

【0029】

【実施例】実施例1

下記表1に示す化学成分組成の鋼材を使用し、造塊法ま  
 たは連続鑄造法によって平均冷却速度を変えて各種供試  
 材を製造した。得られた供試材について、直径：25m  
 mの丸棒に圧延した後、更に直径：22mmの丸棒に冷  
 間引抜きをおこなった。得られた丸棒について、下記の  
 条件で切削加工（フォーミング加工）を行い、このとき  
 の被削性について調査した。

〈切削加工条件〉

切削機械：多軸自動盤

切削工具：高速度工具鋼（SKH4A）

切削速度：68m/分

送り：0.04mm/rev.

【0030】

【表1】

No.	鑄造法	平均冷却速度 (℃/分)	化 学 成 分 組 成 (質量%)						
			C	Si	Mn	P	S	Pb	N
1	造塊法	1.6	0.09	0.005	0.85	0.081	0.310	—	0.0040
2	造塊法	2.5	0.08	0.003	0.90	0.065	0.300	—	0.0050
3	造塊法	3.2	0.08	0.003	1.18	0.079	0.326	0.28	0.0080
4	造塊法	6.1	0.08	0.003	0.87	0.080	0.305	—	0.0035
5	造塊法	8.6	0.08	0.002	0.85	0.070	0.310	—	0.0045
6	連鑄法	11.7	0.09	0.003	1.20	0.080	0.322	0.27	0.0085
7	連鑄法	33.8	0.08	0.002	0.80	0.080	0.295	—	0.0045
8	連鑄法	36.9	0.09	0.003	0.82	0.067	0.305	—	0.0050
9	連鑄法	38.0	0.08	0.002	1.17	0.085	0.319	0.29	0.0090

【0031】被削性（切屑処理性、仕上げ面粗さ）の評  
 価結果について、硫化物系介在物の性状（平均サイズ、  
 個数）と共に、下記表2に示す。このとき切屑処理性  
 の評価は、図1に示す切屑限度見本に基づき、限度見本に  
 相当するものを「○」と判定し（図1の左欄）、それ以  
 外の切屑が連なるものについては「×」と判定した。ま  
 た仕上げ面粗さについては、3箇所の仕上げ面粗さR、

を仕上げ面粗さ測定器によって測定した。一方、硫化物  
 系介在物の性状（平均サイズ、個数）については、直  
 径：25mmの丸棒圧延材の圧延方向縦断面（D/8の  
 位置）の1mm<sup>2</sup>内に含まれるMnS単体、およびMn  
 S系複合介在物（MnSが酸化物や快削性元素と複合し  
 た介在物）を、倍率を1000として光学顕微鏡で測定  
 した。

【0032】

\* \* 【表2】

No.	硫化物系介在物性状		切屑処理性 (評価点)	仕上げ面粗さ ( $R_a: \mu m$ )	備考
	平均サイズ ( $\mu m^2$ )	個数 (個)			
1	75	300	×	27	比較鋼
2	80	290	×	35	比較鋼
3	100	275	×	25	比較鋼
4	40	670	×	26	比較鋼
5	35	700	×	30	比較鋼
6	50	600	×	23	比較鋼
7	20	900	○	25	発明鋼
8	25	850	○	25	発明鋼
9	15	950	○	20	発明鋼

【0033】これらの結果から明らかな様に、本発明に係る快削鋼は、仕上げ面粗さは従来の連続鑄造材や造塊材と同等であり、且つ切屑処理性に関しては、優れた特性を発揮していることが分かる。

【0034】

【発明の効果】本発明は以上の様に構成されており、特定サイズの硫化物系介在物の個数を特定することによつて※20

※て、連続鑄造法によって得られるものでありながら、造塊法によって製造される快削鋼と同程度以上の優れた被削性、特に切屑処理性を有する低炭素快削鋼が実現できた。

【図面の簡単な説明】

【図1】切屑限度見本を示す概略説明図である。

【図1】

